

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020010078086 A
(43)Date of publication of application: 20.08.2001

(21)Application number: 1020010003760
(22)Date of filing: 26.01.2001
(30)Priority: 26.01.2000 US 2000 491563
(51)Int. Cl. C23C 16/34

(71)Applicant: APPLIED MATERIALS INC.
(72)Inventor: TED GUO
WEI TI LEE

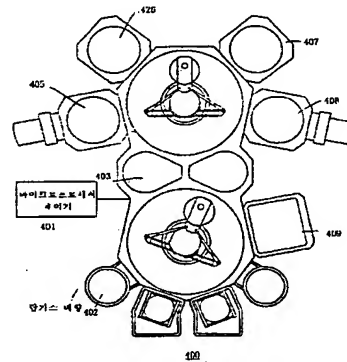
(54) METHOD FOR PLASMA-ENHANCED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION OF METAL NITRIDE LAYER

(57) Abstract:

PURPOSE: A metallization process is provided to create line features that are void-free, have low resistivity, and greater effective line width.

CONSTITUTION: The method of depositing a metal nitride film on a substrate comprises the steps of (a) injecting a mixture of a metal-containing compound, a nitrogen-containing gas, and a hydrogen-containing gas in a chamber; (b) generating a plasma from the mixture; and (c) depositing a metal nitride film on the substrate. The method of forming a feature on a substrate comprises (a) depositing a refractory metal layer over the surface of an aperture; (b) plasma-enhanced chemical vapor depositing a refractory metal nitride layer

over the surface of the refractory metal layer; and (c) depositing a metal layer over the refractory metal nitride layer. The apparatus for providing improved step coverage and metallization of a semiconductor substrate comprises a) a load lock chamber (405), a plasma-enhanced chemical vapor deposition metal nitride chamber (406), and a metal processing chamber (407); b) an intermediate substrate transport region in communication with each chamber; c) a hydrogen gas source in communication with the metal nitride chamber; and d) a microprocessor controller (401) configured to deposit a metal nitride layer from a plasma comprising hydrogen.



© KIPO 2002

Legal Status

BEST AVAILABLE COPY

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(51) Int. Cl.⁷
C23C 16/34(11) 공개번호 특2001-0078086
(43) 공개일자 2001년08월20일

(21) 출원번호	10-2001-0003760
(22) 출원일자	2001년01월26일
(30) 우선권 주장	09/491,563 2000년01월26일 미국 (US)
(71) 출원인	머플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드 조셉 제이. 스위니 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우머스 애브뉴 3050
(72) 발명자	리,웨이,티 미국95125캘리포니아샌어제이루비노씨를2841 구오,테드 미국94303캘리포니아팔로알토산안토니오로드765-16
(74) 대리인	남상선

심사청구 : 없음

(54) 금속질화물층의 플라즈마 강화 화학 기상 증착

요약

내화금속층이 내부에 고증황비의 콘택 또는 비아가 형성된 기판 상에 증착된다. 다음으로, 플라즈마 강화 화학 CVD 내화금속질화물층이 내화금속층 위에 증착된다. 이후, 금속층은 금속질화물층 위에 증착된다. 생성된 금속층은 실질적으로 무공극이며, 감소된 저항성을 가지며, 보다 큰 유효 선포를 가진다. 금속질화물층의 플라즈마 강화 화학 기상 증착은 기판 상에 금속질화물층을 증착하기 위해 금속 함유 화합물, 질소 함유 가스, 및 수소 가스의 플라즈마를 형성하는 단계를 포함한다. 금속질화물층은 바람직하게는 금속질화를 박막을 밀집화하기 위해 질소 플라즈마로 처리된다. 이러한 방법은 바람직하게는 일반적으로 여러 챔버를 포함하는 집적 처리 시스템에서 수행되어서, 기판이 진공 환경 내로 도입되면, 비아 및 콘택의 금속화가 가능한 오염물에 노출되지 않으면서 수행된다.

도면도

도2

망세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 기술에 따른 개구의 유효 배선 선포의 개략적인 단면도이다.

도 2는 본 발명에 따른 공정을 수행하도록 구성된 PECVD 챔버의 개략적인 단면도이다.

도 2a는 도 2의 PECVD 챔버(200)로 가스를 공급하기 위한 가스 박스 시스템의 개략적인 다이어그램이다.

도 3은 MOCVD TiN 및 PECVD TiN에 의해 소모된 Si량을 비교한 그래프이다.

도 4는 본 발명에 따른 연속적인 금속화를 위해 구성된 집적 다중-챔버 처리 장치를 도시한 도면이다.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

200 : PECVD 챔버	202 : 챔버 몸체
204 : 받침대	206 : 슬릿 밸브
208 : 펌핑 채널	212 : 중심맞출 링
214 : 전원	216 : RF 소오스
240 : 샤워헤드	280 : 진공 펌프
290 : 기판	

발명의 상세한 설명

발명의 목적

본 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 고집적도의 서브-하프 마이크론 분야에서 콘택 또는 비아를 포함하는 무공극 상호연결부를 형성하기 위한 개구의 금속화에 관한 것이다. 보다 상세하게, 본 발명은 신규한 금속질화층의 증착 방법 및 장치에 관한 것이다.

서브-하프 마이크론 다중레벨 금속화는 차세대 초대규모 집적(VLSI) 기술의 주요 기술 중 하나이다. 이러한 기술의 중심에 놓인 다중레벨 상호연결부는 콘택, 비아, 라인, 또는 다른 미세구조물을 포함하는 고집적도의 개구의 평탄화를 요구한다. 이들 상호연결부의 신뢰가능한 형성은 VLSI의 구현에 매우 중요하며, 회로 밀도의 증가 및 개별적인 기판 및 다이의 품질에 계속적인 영향을 미친다.

알루미늄 또는 구리의 물리 기상 증착은 개구를 충전하는 통상적인 방법이다. 그렇지만, PVD Al층이 가지는 문제점은 키이 홀 공정을 통해 발생하는 공극의 형성인데, 여기서 비아의 상부는 비아가 완전히 충전되기 전에 밀봉된다. 결과적으로, 1999년 3월 2일자로 모슬리(Mosely)에게 허여된 발명의 명칭인 '저온 집적 금속화 공정 및 장치(LOW TEMPERATURE METALLIZATION INTEGRATED METALLIZATION PROCESS AND APPARATUS)'인 미국 특허 제 5,877,087호 및 그의 분할 출원 번호 제 08/792,292호(모두 본 발명에서 참조함)에 개시된 바와 같이, 저온 집적 금속화 공정은 무공극 콘택 또는 비아를 형성하도록 구현되었다. 이러한 공정은 내화금속을 포함하는 얇은 아교층을 증착하는 단계를 포함한다. 가능한 아교층은 티타늄(Ti) 및 질화티타늄(TiN)층 또는 탄탈(Ta) 및 질화탄탈(TaN)층을 포함하는데, 이들로 제한되지는 않는다. 아교층을 증착한 후, 각각의 CVD Al(또는 CVD Cu) 습윤층이 저온에서 아교층 위에 형성되어서, 그 위에 PVD Al(또는 PVD Cu)층이 형성되도록 한다. 이후, PVD Al(또는 PVD Cu)층이 이전에 형성된 CVD Al(또는 CVD Cu)층 상에 Al(또는 Cu)의 용융점 이하의 온도에서 증착된다. 이러한 저온 집적 금속화 공정은 실질적으로 무공극의 CVD/PVD Al(또는 Cu)층을 형성한다.

그렇지만, 이러한 저온 집적 금속화 공정이 가지는 문제점은 높은 배선 저항이 0.2mm 미만의 직경의 미세 구조물에 대해 발견된다는 점이다. 높은 배선 저항의 문제점은 집적 회로 분야에서 모든 공정 단계가 완료되어 캐패시터의 손상을 보수하기 위해 450°C에서 30분 동안 소결할 때 주로 발생된다. 높은 배선 저항의 문제점은 3가지의 주요 문제점을 발생시킨다. 첫째, Ti/TiN층은 용이하게 분해되고 상응된 온도(즉, 450°C)에서 Al과 같은 인접한 금속과 상호작용하여 TiAl₃를 형성한다. TiAl₃가 개구의 측벽에 형성된 결과, 미세구조물의 유효 선폴이 감소된다. 둘째, 금속유기 화학 기상 증착에 의해 형성된 TiN층은 통상적으로 소정 레벨의 불순물을 함유한다. 상응된 온도에서, 이러한 불순물은 용이하게 인접한 금속으로 확산되어서 높은 저항성을 유발한다. 셋째, 금속유기 전구체를 사용한 TiN의 화학 기상 증착은 개구의 측벽 상에 비교적 두꺼운 TiN층을 형성한다. 이는 금속 라인의 선폴, 특히 매우 얇은 라인의 선폴을 감소시킨다.

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 무공극, 낮은 저항성, 및 보다 큰 유효 선폴을 갖는 라인 미세구조물을 형성하기 위한 금속화 공정을 제공하는 것이다. 특히, 아교층이 금속층과 반응하지 않아 불순물이 형성되지 않고 금속층으로 확산되는 불순물의 양이 적으며, 개구의 측벽 커버리지가 작은, 아교층 및 금속층으로 이러한 콘택 및 비아를 충전하기 위한 저온 공정을 제공하는 것이다.

본 발명의 구성 및 작용

본 발명은 일반적으로 고집적도의 서브-하프 마이크론 분야에서 콘택 또는 비아를 포함하는 감소된 저항성 및 큰 유효 선폴을 갖는 연속적이고 무공극인 상호연결부를 형성하기 위한 개구의 개선된 금속화 공정을 제공하는 것이다. 특히, 본 발명은 아교층이 금속층과 반응하지 않아 불순물이 형성되지 않고 금속층으로 확산되는 불순물의 양이 적으며 개구의 측벽 커버리지가 작은, 아교층 및 금속층으로 이러한 개구를 충전하기 위한 저온 공정을 제공하는 것이다.

본 발명의 일양태에서, 내화금속층이 고집적도의 콘택 또는 비아를 갖는 기판 상에 증착된다. 다음으로, 플라스마 강화 CVD(PECVD) 내화금속질화물층이 내화금속층 상에 증착된다. 이후, 금속층이 금속질화물층 상에 증착된다. 금속질화물층의 PECVD는 금속 전구체 가스, 질소 함유 가스, 및 수소 함유 가스를 기판과 플라스마 접촉하여 금속질화물층을 형성하는 단계를 포함한다. 증착된 금속질화물층은 바람직하게는 금속질화를 박막의 밀도를 증가시키기 위해 질소 플라스마로 처리된다. 본 발명은 PECVD 금속질화물층이 MOCVD에 의해 증착된 금속질화물층과 비교하여 보다 양호한 미세구조를 가지며 적은 불순물을 배출하기 때문에 고온에서 금속질화물층과 금속층 사이의 상호작용을 감소시킨다. 추가로, 금속층은 개선된 금속질화물층에 기인하여 낮은 저항성을 갖는다. 생성된 금속층은 실질적으로 무공극이며, 저항성이 감소되며, 보다 큰 유효한 선폴을 갖는다.

본 발명은 금속층의 개선된 스텝 커버리지 및 평탄화를 제공하기 위한 장치를 제공한다. 이러한 장치는 기판이 진공 분위기로 도입될 때 가능한 오염물질에 노출시키지 않으면서 비아 및 콘택의 금속화를 발생시키는 여러 챔버를 포함하는 집적 처리 시스템을 포함한다.

전술한 본 발명의 특징, 장점, 및 목적을 보다 상세하게 이해할 수 있도록, 이하에 첨부된 도면을 참조한 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.

그렇지만, 첨부된 도면은 본 발명의 전형적인 실시예를 도시한 것일 뿐, 이들 실시예로 본 발명이 제한되는 것은 아니며, 다른 동등한 유효한 실시예가 구현될 수도 있음을 주목해야 한다.

본 발명은 고집적도의 서브-하프 마이크론 분야에서 콘택 또는 비아를 포함하는 감소된 저항성 및 보다 큰 유효 선폴을 갖는 연속적이고 무공극인 상호연결부를 형성하도록 개구의 개선된 금속화를 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 일양태는 내화금속층이 고집적도의 개구를 갖는 기판 상에 증착되는 개구의 금속화 방법을 제공한다. 다음으로, PECVD 내화금속질화물층이 이하에 상술될 내화금속층 상에 형

성된다. 이후, 금속층이 금속질화물층 상에 증착된다. 이러한 공정은 이러한 장치는 기판이 진공 분위기로 도입될 때 가능한 오염물질에 노출시키지 않으면서 비아 및 콘택의 금속화를 발생시키는 여러 챔버들을 포함하는 집적 처리 시스템에서 수행된다.

배리어/습윤층 위에 금속층을 증착하는 최근의 저온 집적 금속화 공정은 높은 금속 저항성의 문제점을 갖는다. 이러한 문제점을 유발하는 이유 중 하나는 상응된 온도(즉, 450°C)에서 TiN 배리어/습윤층이 용이하게 분해되고 Si 금속층과 같은 인접한 금속층과 반응하여 TiAl_x(여기서 x는 상수)를 형성한다. TiAl_x는 Si이 높은 저항성을 갖도록 Si층 내로 확산된다. 추가로, 도 1에 도시된 비와 같이, TiAl_x 형성(100)은 또한 Si이 Ti층(102)/TiN층(103) 상에 증착될 때 미세구조물의 선폭(101)을 감소시킨다. TiAl_x(100)은 개구(105)의 측벽(104) 상에 TiN층(103) 위에 형성되어서 현저한 선폭 감소(106)를 유발한다.

본 발명은 불순물이 거의 없고 금속층과의 상호작용이 거의 없는 금속질화물 배리어/습윤층을 증착하는 개선된 방법을 포함한다. 기판 상에 PECVD 금속질화물층을 형성하는 개선된 방법은 챔버 내로 금속 함유 화합물, 질소 함유 가스, 및 수소 함유 가스의 혼합물을 분사하는 단계, 및 기판 상에 금속질화물층을 증착하도록 혼합물로부터 플라즈마를 발생시키는 단계를 포함한다.

플라즈마는 금속질화물 증착 단계 동안 수소 함유 가스를 포함하는 혼합물로부터 발생되는데, 이는 여기된 에너지 상태의 수소 원자가 금속질화물 증착 공정에서 불순물을 제거하기에 충분한 반응성을 가지기 때문이다. 금속질화물 박막은 바람직하게는 TiN이다. TiN 증착에서, 사용된 금속 함유 화합물은 바람직하게는 테트라키스-디메틸아미노-티타늄(TDMAT) 전구체 가스이다. 탄소 불순물은 TiN 층을 형성하도록 금속-유기 TDMAT 전구체 가스 반응시에 발생한다. 증착 단계에서 수소 플라즈마의 사용은 불순물이 적은 금속질화물층을 형성하며, 따라서 고온에서 용이하게 분해되지 않고 금속층과 거의 반응하지 않는 금속질화물층을 형성한다. 더욱이, 보다 청결한 금속질화물층은 상기 층이 상부의 금속층과의 반응을 통해 확산하는 불순물이 거의 없음을 의미한다. 추가로, PECVD TiN 박막은 금속-유기 CVD TiN 박막과 비교할 때 저항성이 5배까지 감소된다.

증착 단계에서 수소 플라즈마의 사용은 증착된 금속질화물 박막을 처리하기 이전에 수소 플라즈마를 사용하는 것이 바람직하다. 금속질화물층을 예비 처리할 때, 수소 플라즈마의 효과는 탄소 불순물이 금속질화물 박막에 이미 형성되기 때문에 감소된다. 증착 단계 동안 수소 플라즈마를 사용하는 다른 장점은 플라즈마가 챔버를 인-시츄 세척한다는 점이다. 따라서, 챔버를 세척하는데 소요되는 시간의 경감으로 기판의 제조 수율이 증가한다.

MOCVD 금속질화물 박막이 비결정질 구조를 가지는 반면, PECVD 금속질화물 박막을 형성하는 공정은 또한 형성된 박막이 다결정 구조를 가지기 때문에 유리하다. 다결정 구조에서, 금속과 질소 결합은 비결정질 구조 보다 더 강하다. 따라서, 금속질화물은 금속층에 대해 보다 우수한 배리어층을 형성한다. 더욱이, MOCVD 금속질화물층 이외에 PECVD 금속질화물층의 사용은 개구에 대한 보다 큰 유효 선폭을 구현하는데, 이는 PECVD 금속질화물이 개구의 측벽 상에 보다 얇은 층을 형성하기 때문이다.

금속질화물 박막을 증착하는 공정은 또한 질소 플라즈마로 금속질화물 박막을 처리하는 단계를 포함할 수 있다. 질소 플라즈마는 금속질화물 박막의 미세구조를 개선시키는데, 이는 PECVD 및 MOCVD 금속질화물 박막이 모두 증착 단계 동안 밀집되지 않기 때문이다. 질소 플라즈마 처리는 금속-유기 CVD TiN 박막과 비교할 때 약 10배까지 그리고 질소 플라즈마 처리를 행하지 않은 PECVD TiN 박막과 비교할 때 약 2배까지 PECVD TiN 박막의 저항성을 감소시킨다. 밀집된 금속질화물 박막은 배리어층으로 작용하는데, 이는 금속질화물 박막을 통한 금속을 확산을 방지하기 때문이다. 추가로, 금속질화물 박막을 증착하는 공정은 금속질화물의 증착 이전에 아르곤 플라즈마로 기판을 예열하는 단계를 더 포함할 수 있다. 아르곤 플라즈마로 기판을 예열하는 것은 기판이 대기에 노출될 때 기판 표면 상의 소정의 오염물을 제거한다.

도 2는 본 발명의 공정을 수행하기에 적합한 PECVD 챔버의 예를 도시한 개략적인 단면도이다. 이러한 특별한 반응기, 즉 Txz 챔버(200)는 미국 캘리포니아 산타클라라에 소재한 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드'로부터 생산된다. 이러한 챔버에 대한 세부적인 설명은 1998년 12월 8일자로 허여된 명칭이 '화학 기상 증착 챔버 내에서 열적으로 부유하는 발침대 할라'인 미국 특허 제 5,846,332호 및 1999년 11월 30자로 허여된 명칭이 '개선된 수율 및 생산성을 갖는 기판 처리 방법'인 미국 특허 제 5,993,916호에 개시되어 있으며, 이들 양 발명은 본 발명에서 참조하였다. Txz 챔버(200)는 펌핑 채널(208)을 통해 진공 펌프(280)로 연결부를 통해 감소된 압력 환경 하에서 작용하도록 구성된다. 이러한 챔버(200)는 처리할 기판을 지지하는 발침대(204) 및 챔버 몸체(202)를 포함한다. 기판(290)은 슬릿 밸브(206)를 통해 챔버(200) 안쪽으로 이송되며, 중심맞출 링(212)에 의해 발침대(204) 상에 중심맞출된다. 적절한 로봇 이송 조립체가 1990년 8월 26자로 허여된 명칭이 '다중 챔버 집적 처리 시스템'인 미국 특허 제 4,951,601호에 개시되어 있으며, 이는 본 발명에서 참조하였다.

처리하는 동안, 기판(290)은 가스 분배 면판 또는 샤워헤드(240)에 인접하게 배치되는데, 이러한 면판은 공정 가스를 가스 유입구(244)로부터 챔버(200) 내부의 처리 영역(250)으로 흐르게 하는 다수의 통로(242)를 포함한다. 박막 증착은 공정 가스가 기판(290)에서 반응할 때 기판(290)의 표면 상에서 일어난다. 어떤 과도한 공정 가스 및 부산물이 펌핑 플레넘(270)에 연결된 환형의 펌핑 채널(208)을 통해 챔버(200) 밖으로 연속적으로 펌핑된다.

PECVD 챔버(200)는 발침대(204)의 저항식 가열기(205)로 전력을 공급하는 전기적 전원(214)을 포함한다. 발침대(204) 및 기판(290)은 상응된 온도로 유지될 수 있다. PECVD 챔버는 또한 상부 전극으로써 작용하는 샤워헤드(240)로 공급될 RF 전력을 제공하는 RF 소오스(216)를 포함한다. 샤워헤드(240)는 일반적으로 비도전성 세라믹으로 제조된 환형의 절연 링(264)에 의해 챔버(200)의 레스트(rest)와 절연된다. 처리 영역(250) 내에서 공정 가스로부터 플라즈마를 발생시키기 위해 RF 소오스(216)에 의해 충분한 전압 및 전력이 인가된다. 이러한 챔버(200)는 여러 챔버 구성요소에 대한 바람직하지 못한 증착을 최소화하도록 구성되는데, 즉 중심맞출 링(212) 상의 박막 증착이 최소화되도록 중심맞출 링(212)은 발침대(204) 보다 저온으로 유지된다.

금속질화물의 바람직한 증착 공정에서, 금속 함유 화합물(TDMAT와 같은), 질소 함유 가스, 및 수소 가스

의 혼합물이 샤워헤드(240)를 통해 챔버(200) 내로 분사된다. 금속 함유 화합물은 암플 또는 버블러(도시안됨) 내에 포함된 금속 함유 화합물의 액체 샘플을 통해 혈류와 같은 캐리어 가스를 버블링함으로써 샤워헤드(240)를 통해 도입될 수 있다. 선택적으로, 직접 액체 분사 시스템이 또한 금속 함유 화합물을 챔버(200) 내로 도입하도록 사용될 수도 있다. 플라즈마는 RF 소오스(216)에 전력이 인가될 때 혼합물로부터 발생된다. RF 소오스(216)에 인가된 전력 레벨은 바람직하게는 350 내지 1000와트이며, 가장 바람직하게는 750와트이다. 혼합물은 바람직하게는 5:1 내지 1:1의 몰비의 수소 대 질소를 포함한다. 혼합물은 가장 바람직하게는 4:1의 몰비의 수소 대 질소를 포함한다. 바람직하게, 질소 함유 가스는 질소 가스이며, 수소 함유 가스는 수소 가스이다. 질소 가스 및 수소 가스가 사용된다면, 이러한 가스는 바람직하게는 200sccm의 수소 가스 유량 및 50sccm의 질소 가스 유량으로 분사된다. 도 2a의 PECVD 챔버(200)로 가스를 공급하기 위한 가스 박스 시스템의 개략적인 다이어그램이다. PECVD TiN이 사용될 때, 가스 박스는 N_2 , H_2 , He, 및 Ar이 공급된다. 불활성 가스(He)와 함께 반응을 TOMAT가 처리를 위해 챔버(200) 내로 통과된다. 기판(290)은 바람직하게는 약 350 내지 500°C의 온도로 설정된 받침대(204)로부터 가열된다. 기판은 바람직하게는 약 300 내지 450°C의 온도로 가열된다. 가열기 간격은 약 250 내지 500mils로 설정되며, 바람직하게는 300mils로 설정된다. 챔버 압력은 약 1 내지 10torr의 압력으로 유지되며, 바람직하게는 약 3torr의 압력으로 유지된다. 금속질화물의 두께는 금속질화물의 사용 의도에 의존한다. 그렇지만, 바람직한 두께는 약 10Å 내지 약 200Å이며, 가장 바람직하게는 약 50Å이다. 기판(290) 상에 금속질화물을 증착한 후, 금속질화물 박막은 질소 플라즈마로 처리된다. 질소 가스는 샤워헤드(240)를 통해 챔버(200) 내로 도입된다. RF 소오스(216)로 전력이 인가될 때 질소 가스로부터 플라즈마가 발생된다. RF 소오스(216)로 인가된 전력 레벨은 바람직하게는 350 내지 1000와트이며, 가장 바람직하게는 750와트이다. 기판(290)은 바람직하게는 약 350 내지 500°C로 가열된다. 챔버 압력은 약 1 내지 5torr로 유지되며, 가장 바람직하게는 1.5torr로 유지된다. 기판은 바람직하게는 약 20 내지 70초 동안, 가장 바람직하게는 약 35초 동안 질소 플라즈마로 처리된다.

본 발명은 개구의 표면 위로 내화금속층을 증착하는 단계, 상기 내화금속층의 표면 위로 PECVD 내화금속 질화물층을 증착하는 단계, 및 상기 내화금속질화물층 위로 금속층을 증착하는 단계를 포함하는 기판 상에 미세구조물을 형성하는 방법을 또한 제공한다.

알루미늄 및 구리와 같은 소정의 연성 금속은 표면 장력에 기인하여 각각의 용융점 아래의 온도에서 유동할 수 있는 것으로 증명되었다. 그렇지만, 이들 금속들은 고온에서 하부 유전층으로부터 탈출되는 경향이 있다. 따라서, 본 발명은 금속층과 유전층 사이에 배리어/습윤층을 삽입하여 금속의 습윤을 개선시킨다. 적절한 배리어/습윤층은 유전체보다 금속을 습윤시키는 것이다. 배리어/습윤층은 단지 얇은 배리어/습윤층이 증착되더라도 향상된 습윤을 제공하는 것이 바람직하다. 바람직한 배리어/습윤층은 개구의 벽 및 바닥을 포함하는 유전층 표면 위에 실질적으로 균일하게 형성된다.

본 발명에 따르면, 배리어/습윤층은 유전층 위에 형성된 내화금속층 및 내화금속층 위에 형성된 PECVD 금속질화물층을 포함한다. 하기의 내화금속층은 바람직하게는 Ti이며, 탄탈, 텅스텐, 니오븀, 코발트, 및 몰리브덴을 포함할 수 있는데, 이들로 제한되지는 않는다. 내화금속층은 PVD 또는 CVD 공정에 의해 증착될 수 있다. 금속질화물층은 내화금속층 위에 PECVD에 의해 형성된다. 본 발명의 PECVD 공정은 전술하였다. 금속질화물층은 바람직하게는 TiN이다. 바람직한 배리어/습윤층은 Ti/TiN층이지만, 상기한 내화금속층과 금속질화물층의 어느 하나를 포함할 수 있다.

다음으로, 금속층은 배리어/습윤층 상에 증착된다. 비아 및 트렌치 내에 형성된 플러그 및 라인과 같은 반도체 장치에 형성된 금속 미세구조물은 일반적으로 Si로 제조된다. 일반적으로, Ti/TiN층은 Cu가 Cu 금속층으로 확산되기 때문에 Cu금속층에 대한 배리어로서 사용될 수 없다. 인접한 유전 재료로의 구리의 확산은 전기적 단락을 발생시킬 수 있다. 구리는 본 발명의 Ti/TiN층 위에 사용될 수 있는데, 이는 PECVD TiN 박막이 MOCVD TiN 박막보다 더 밀집되고 구리가 PECVD TiN 박막을 통해 확산되는 것을 방지하기에 충분한 배리어로서 작용하기 때문이다. 바람직하게, 금속층이 비아의 상부를 밀봉하지 않으면서 배리어/습윤층 위로 적용된 CVD 금속 등각 습윤층에 의해 먼저 증착된다. 이후, PVD 금속층이 그 위에 증착된다. 선택적으로, 금속층은 PVD 단계에 의해 증착될 수 있다. 다른 선택적인 예에서, 금속층은 금속 질화물층 위로 시이드(seed) 금속층을 증착한 후, 시이드 금속층 위에 금속층을 전기도금함으로써 증착될 수 있다.

배리어/습윤층 위에 적용된 생성된 금속층은 실질적으로 무공극이며, 저항성이 낮으며, 보다 큰 유효 선포를 갖는다. 도 3에 도시된 바와 같이, PECVD TiN은 하부 내화금속층과 금속층 사이의 우수한 배리어이다. 도 3은 질소 가스 노에서 30분 동안 450°C에서 어닐링될 때 100Å 깊이의 TiN, 1×50Å의 TiN, 및 Si로 질소-플라즈마 처리된 PECVD TiN의 반응성을 비교한다. 각각의 경우, 1000Å의 Si이 TiN 상에 증착되고, 소모된 Si의 양이 계산된다. 도 3은 PECVD TiN 및 질소 플라즈마 처리된 PECVD TiN 모두가 금속 질화물층 위에 형성된 Si층을 덜 소모시킴을 보여준다. PECVD TiN은 30%까지 Si 소모량을 감소시킨다. 적은 Si 소모량 및 TiSi₂ 형성에 의해, 알루미늄 미세구조물은 보다 큰 유효 선포 및 낮은 저항성을 가지는데, 이는 보다 적은 양의 TiSi₂가 Si층으로 확산되기 때문이다.

PECVD 금속질화물 라이너의 사용은 저온 집적 금속화 공정을 손상시키지 않는다. 전자 마이크로그래프는 0.25μm, 0.35μm, 및 0.45μm의 두께를 갖는 라이너 재료로써 PECVD TiN으로 저온 집적 Al 금속화 개구를 완전히 충전시키는 것을 보여준다. 완전한 충전은 200Å의 IMP Ti, 약 100Å의 질소 플라즈마 처리된 PECVD TiN, 600Å의 CVD Al, 및 10kÅ의 PVD Al로 제조된 박막 스택에서 증명되었다. PVD Al은 약 400°C의 온도에서 증착되었다. 전자 마이크로그래프는 또한 0.25μm, 0.35μm, 및 0.45μm의 개구에 대한 PECVD TiN의 양호한 스텝 커버리지를 보장한다.

기판 상에 미세구조물을 형성하는 공정은 PECVD, CVD, 및 PVD 챔버를 포함하는 다중 챔버 처리 장치(즉, 클러스터 기구) 또는 별도의 단일 챔버 시스템에서 수행될 수 있다. 다중 챔버 장치의 사용은 기판이 처리 단계 사이에서 오염되는 것을 방지하도록 진공 환경 내에 유지될 수 있기 때문에 바람직하다.

도 4는 다중 챔버 처리 장치(400), 즉 미국 캘리포니아 산타클라라에 소재한 '어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드'로부터 생산되는 엔듀라 시스템을 도시한다. 유사한 스테이지식 진공 웨이퍼 처리 시스템

템이 1993년 2월 16일자로 템만에게 허여된 명칭이 '스테이지식 진공 웨이퍼 처리 시스템 및 방법'인 미국 특허 제 5,186,718호에 개시되어 있으며, 이는 본 발명에서 참조하였다.

마이크로프로세서 제어기(401)가 기판 상에 원하는 박막층을 형성을 제어하도록 제공된다. 클러스터 기구는 일반적으로 기판이 오염물을 탈가스하도록 도입되는 탈가스 챔버(402)를 포함한다. 이후, 기판은 기판의 표면이 세척되는 예비세척 챔버(403) 내로 이동된다. 특별한 분야에 따라, 기판은 로봇에 의해 CVD 또는 PVD 챔버와 같은 챔버(405) 내로 이동되면서 금속화층을 증착한다. 다음으로, 기판은 PECVD 금속질화물을 증착하도록 챔버(406) 내로 이동된다. 장치는 금속질화물 챔버와 연통하는 수소 가스 소스를 더 포함한다. PECVD 금속질화물을 증착한 후, 기판은 CVD 금속 챔버(407) 내로 이동된다. 다음으로, 기판은 PVD 금속 챔버(408) 내에서 처리된다. 이러한 기판은 표면의 반사율을 감소시키고 층의 포토 리소그래피 성능을 개선시키기 위해 PVD TiN 안티-반사 코팅(ARC) 챔버(409) 내에서 더 처리될 수 있다.

당업자들은 도 4에 도시된 챔버의 구조 및 작동을 평가할 수 있음을 이해해야 한다. 일반적으로, 챔버는 일반적으로 엔클로저, 엔클로저 내에 위치한 기판 지지 부재, 기판 상에 증착될 증착 재료를 제공하는 수단, 및 챔버 내에서 전기적 바이어스를 제공하는 전력 수단을 포함한다. 클러스터 기구는 또한 일반적으로 박막층을 형성하기 위해 요구되는 처리 단계를 통해 기판을 미송시키기 위한 두 개의 로봇을 포함한다.

본 발명의 공정은 미국 캘리포니아에 소재한 '시너지 마이크로시스템스'에서 제조된 68400 마이크로프로세서와 같은 주변 제어 요소를 갖춘 메모리 시스템에 연결된 중앙 처리 장치(CPU)를 포함하는 통상적인 컴퓨터 시스템에 대해 작용하는 컴퓨터 프로그램 제품을 사용하여 수행될 수 있다. 이러한 컴퓨터 프로그램 코드는 예컨대 68000 어셈블리 언어, C, C++, 또는 파스칼과 같은 통상적인 컴퓨터 판독가능한 프로그래밍 언어로 쓰여질 수 있다. 적절한 프로그램 코드는 통상적인 텍스트 에디터를 사용하여 단일 파일 또는 다중 파일로 입력되고, 컴퓨터의 메모리 시스템과 같은 컴퓨터 사용가능한 매체 내에 저장되거나 내장된다. 단일 입력된 코드 텍스트가 고레벨 언어인 경우, 코드는 컴파일되고, 발생한 컴파일러 코드는 이후 예비컴파일된 윈도우 라이브러리 루틴의 목적 코드와 연결된다. 연결된 컴파일된 목적 코드를 실행하기 위해, 시스템은 목적 코드를 불러내서 컴퓨터 시스템이 메모리 코드를 로드하도록 하며, 이로부터 CPU는 코드를 판독하고 실행하여, 프로그램 내에서 인식된 임무를 수행한다. 본 컴퓨터 프로그램의 적절한 체계적 제어 구조는 미국 특허 출원 제 08/792,292호에 개시되어 있으며, 이는 본 발명에서 참조하였다.

본 발명이 비록 바람직한 실시예를 통해 기술되었지만, 본 발명의 다른 실시예가 본 발명의 범위를 벗어 나지 않으면서 구현될 수도 있다.

발명의 효과

상기한 본 발명에 의해, 무공극, 낮은 저항성, 및 보다 큰 유효 선풍을 갖는 라인 미세구조물을 형성할 수 있으며, 불순물이 형성시키지 않으면서 콘택 및 비아를 충전할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

기판 상에 금속질화물 박막을 증착하는 방법으로서,

- (a) 금속 함유 화합물, 질소 함유 가스, 및 수소 함유 가스의 혼합물을 챔버 내로 분사하는 단계와,
- (b) 상기 혼합물로부터 플라즈마를 발생시키는 단계와, 그리고
- (c) 상기 기판 상에 금속질화물 박막을 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, (d) 상기 금속질화물 박막을 질소 플라즈마로 처리하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 단계 (b) 이전에, 상기 기판을 마르곤 플라즈마로 예비처리하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 금속질화물 박막이 티타늄 질화물인 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 금속 함유 화합물이 테트라키스-디메틸아미노-티타늄(TDMAT)인 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 혼합물은 약 5:1 내지 약 1:1의 몰비의 수소 대 질소를 포함하는 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 혼합물은 약 4:1의 몰비의 수소 대 질소를 포함하는 방법.

청구항 8

제 6항에 있어서, 상기 질소 함유 가스는 질소 가스이며, 상기 수소 함유 가스는 수소 가스인 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 수소 가스 및 상기 질소 가스는 약 4:1의 유량비로 상기 챔버 내로 분사되는 방법.

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 기판은 약 300°C 내지 약 450°C의 온도로 가열되는 방법.

청구항 11

제 1항에 있어서, 상기 기판은 가열된 받침대로부터 가열되며, 상기 가열된 받침대는 약 350°C 내지 약 550°C의 온도로 설정되는 방법.

청구항 12

제 1항에 있어서, 상기 챔버는 약 1torr 내지 약 10torr의 압력으로 유지되는 방법.

청구항 13

제 1항에 있어서, 상기 챔버는 약 250mils 내지 약 500mils로 이격된 가열기를 갖추고 있는 방법.

청구항 14

제 1항에 있어서, 상기 플라즈마는 약 350와트 내지 약 1000와트의 전력 레벨이 공급되는 RF 소오스로부터 발생되는 방법.

청구항 15

제 1항에 있어서, 상기 금속질화를 박막은 약 10Å 내지 약 200Å의 두께로 증착되는 방법.

청구항 16

제 2항에 있어서, 상기 금속질화를 박막을 처리할 때, 상기 기판은 약 300°C 내지 약 450°C의 온도로 가열되는 방법.

청구항 17

제 2항에 있어서, 상기 금속질화를 박막을 처리할 때, 상기 기판은 약 20초 내지 70초의 시간 동안 질소와 접촉되는 방법.

청구항 18

제 2항에 있어서, 상기 금속질화를 박막을 처리할 때, 상기 질소 플라즈마는 약 350와트 내지 약 1000와트의 전력 레벨이 공급되는 RF 소오스로부터 발생되는 방법.

청구항 19

제 2항에 있어서, 상기 금속질화를 박막을 처리할 때, 상기 챔버는 약 1torr 내지 약 5torr의 압력으로 유지되는 방법.

청구항 20

기판 상에 미세구조물을 형성하는 방법으로서,

(a) 개구의 표면 위로 내화금속층을 증착하는 단계와,

(b) 상기 내화금속층의 표면 위로 내화금속질화물층을 플라즈마 강화 화학 기상 증착하는 단계와, 그리고

(c) 상기 내화금속질화물층 위로 금속층을 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 21

제 20항에 있어서, 상기 내화금속질화물층을 플라즈마 강화 화학 기상 증착 단계는 금속 함유 화합물, 질소 함유 가스 및 수소 함유 가스의 혼합물을 챔버 내로 분사하는 단계, 상기 혼합물로부터 플라즈마를 발생시키는 단계, 및 상기 내화금속층과 상기 플라즈마를 접촉시키는 단계를 포함하며, 상기 내화금속질화물층은 상기 내화금속층 상에 증착되는 방법.

청구항 22

제 21항에 있어서, 상기 내화금속질화물층을 플라즈마 강화 화학 기상 증착하는 단계는 질소 플라즈마로 상기 내화금속질화물층을 처리하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 23

제 21항에 있어서, 상기 내화금속질화물층은 티타늄 질화물층인 방법.

청구항 24

제 21항에 있어서, 상기 내화금속질화물층은 티타늄, 탄탈, 텅스텐, 몰리브덴, 니오븀, 및 코발트로 구성된 그룹으로부터 선택된 방법.

청구항 25

제 21항에 있어서, 상기 혼합물은 약 5:1 내지 1:1의 몰비의 수소 대 질소를 포함하는 방법.

청구항 26

제 21항에 있어서, 상기 금속층은 알루미늄인 방법.

청구항 27

제 21항에 있어서, 상기 금속층은 구리인 방법.

청구항 28

제 21항에 있어서, 상기 금속층은 텅스텐인 방법.

청구항 29

제 21항에 있어서, 금속층을 증착하는 단계는 상기 내화금속질화물층 위로 CVD 금속층을 화학 기상 증착하는 단계 및 상기 CVD 층 위로 PVD 금속층을 물리 기상 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 30

제 21항에 있어서, 금속층을 증착하는 단계는 상기 내화금속질화물층 위로 PVD 금속층을 물리 기상 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 31

제 21항에 있어서, 금속층을 증착하는 단계는 상기 내화금속질화물층 위로 시이드 금속층을 증착하는 단계 및 상기 시이드 금속층 위로 금속층을 전기도금하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 32

반도체 기판의 개선된 스텝 커버리지 및 금속화를 제공하기 위한 장치로서,

- a) 로드 록 챔버, 플라즈마 강화 화학 기상 증착 금속질화물 챔버, 및 금속 처리 챔버와,
- b) 상기 각각의 챔버와 연통하는 중간 기판 이송 영역과,
- c) 상기 금속질화물 챔버와 연통하는 수소 가스 소오스와, 그리고
- d) 수소를 포함하는 플라즈마로부터 금속질화물층을 증착하도록 구성된 마이크로프로세서 제어기를 포함하는 장치.

청구항 33

제 32항에 있어서, 내화금속 처리 챔버를 더 포함하는 장치.

청구항 34

제 32항에 있어서, 상기 금속 처리 챔버는 물리 기상 증착 챔버를 포함하는 장치.

청구항 35

제 32항에 있어서, 상기 금속 처리 챔버는 화학 기상 증착 챔버 및 물리 기상 증착 챔버를 포함하는 장치.

청구항 36

제 32항에 있어서, 세척 챔버를 더 포함하는 장치.

청구항 37

제 33항에 있어서, 상기 내화금속 처리 챔버는 내화금속층을 증착하며, 상기 플라즈마 강화 화학 기상 증착 금속질화물 챔버는 PECVD TiN 챔버인 장치.

청구항 38

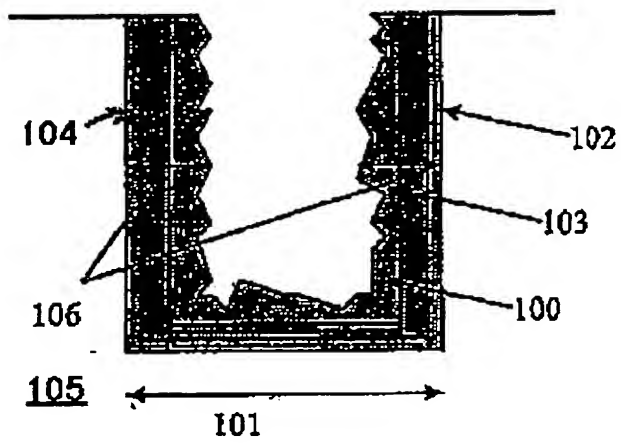
제 35항에 있어서, 상기 화학 기상 증착 챔버 처리 챔버는 CVD Al 챔버이며, 상기 물리 기상 증착 챔버는 PVD Al 챔버인 장치.

청구항 39

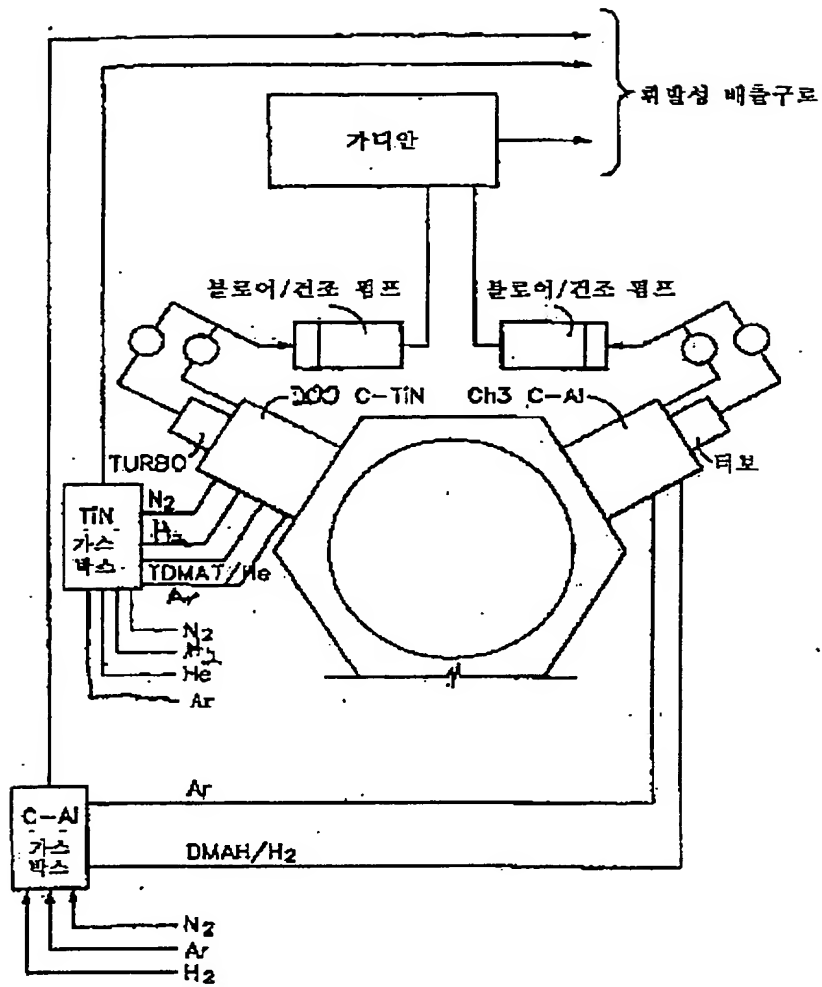
제 35항에 있어서, 상기 화학 기상 증착 챔버 처리 챔버는 CVD Cu 챔버이며, 상기 물리 기상 증착 챔버는 PVD Al 챔버인 장치.

도면

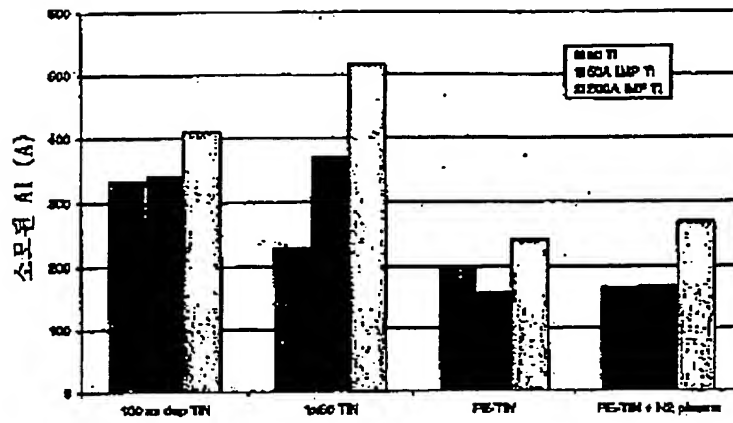
도 1



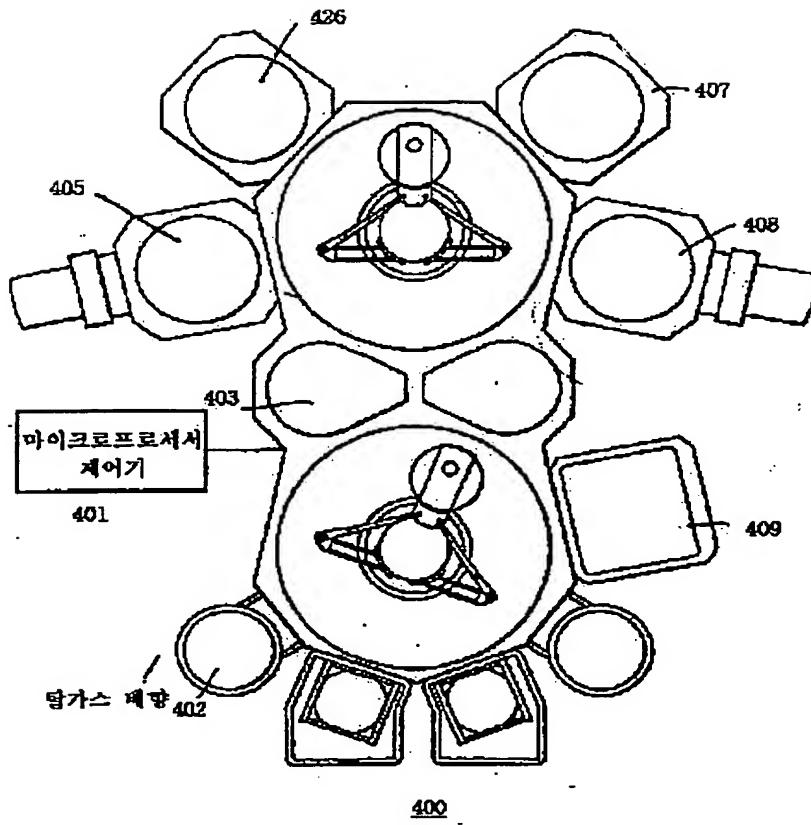
도 2a



도 3



도 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.